



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>H05B 6/36, F27B 14/06</b>		A1	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 98/05185</b>
			(43) Date de publication internationale: 5 février 1998 (05.02.98)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/01387		(81) Etats désignés: JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Date de dépôt international: 24 juillet 1997 (24.07.97)			
(30) Données relatives à la priorité: 96/09382 25 juillet 1996 (25.07.96) FR		Publiée Avec rapport de recherche internationale.	
(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75015 Paris (FR).			
(72) Inventeurs; et			
(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): BOEN, Roger [FR/FR]; Quartier Gazelles, F-30130 Saint-Alexandre (FR). BONNETIER, Armand [FR/FR]; 16, Ancienne Route Royale, F-84100 Orange (FR). LADIRAT, Christian [FR/FR]; Chemin de la Coste de l'Evesque, F-30126 Saint-Laurent-des-Arbres (FR).			
(74) Mandataire: BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR).			

(54) Title: GLASS INDUCTION MELTING FURNACE USING A COLD CRUCIBLE

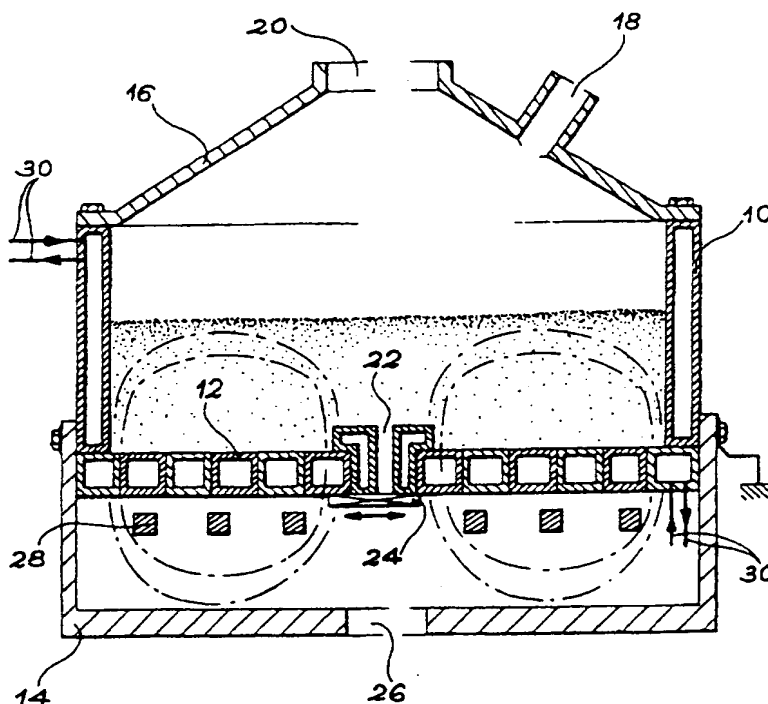
(54) Titre: FOUR DE FUSION DE VERRE PAR INDUCTION EN CREUSET FROID

## (57) Abstract

An insulating material melting furnace including a cooled crucible (10) with a continuous metal side wall, a sectorised cooled floor (12), and at least one field magnet (28) arranged under the floor and forming the only heating means. The level of the melt in the crucible and the field magnet excitation frequency are selected in such a way that said level and the internal half-radius of the crucible are smaller than the melt skin thickness resulting from the field magnet excitation frequency.

## (57) Abrégé

L'invention concerne un four de fusion de matériaux isolants, comprenant un creuset refroidi (10) à paroi latérale métallique continue, une sole (12) sectorisée et refroidie, et au moins un inducteur (28) disposé sous la sole et constituant le seul moyen de chauffage. La hauteur du bain de fusion dans le creuset et la fréquence d'excitation de l'inducteur sont choisies de manière que ladite hauteur et le demi-rayon intérieur du creuset soient inférieurs à l'épaisseur de peau dans le bain résultant de la fréquence d'excitation de l'inducteur.



# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

FOUR DE FUSION DE VERRE PAR INDUCTION EN CREUSET FROIDDESCRIPTION5           Domaine de l'invention

La présente invention concerne la fusion de matériaux isolants, tels que le verre, par induction directe en creuset froid.

10

Art antérieur et problèmes posés

L'élaboration par fusion de matériaux quelconques s'effectue souvent dans des creusets  
15 chauffés par induction. Les creusets les plus répandus et les plus simples sont en matériau réfractaire, mais ce type de creuset n'est pas compatible avec tous les bains de fusion. En effet certains matériaux en fusion sont corrosifs envers les matériaux réfractaires,  
20 tandis que d'autres, notamment le verre, sont susceptibles d'être pollués par les matériaux réfractaires.

Ces matériaux doivent alors être élaborés dans des creusets spéciaux dits "froids" dont les parois ne  
25 sont pas polluantes. Un creuset froid est constitué de secteurs métalliques refroidis par circulation d'eau, dans lequel le matériau à élaborer est chauffé par un inducteur périphérique. La sectorisation ou  
partitionnement du creuset sert à limiter  
30 l'échauffement par induction de la paroi du creuset et à permettre le chauffage direct par induction du matériau contenu dans le four.

L'inducteur est constitué d'une ou plusieurs spires généralement enroulées autour du creuset, car on admet que l'on obtient de meilleures performances avec cette disposition.

5           Le brevet allemand DE-C-33 16 546 décrit un four à creuset froid métallique comprenant par ailleurs un inducteur inférieur disposé sous la sole, qui est sectorisée. Toutefois, cet inducteur inférieur ne constitue qu'un élément de chauffage d'appoint. Un  
10 inducteur principal est enroulé autour du creuset, ce qui implique que les parois latérales du creuset, métalliques, sont forcément sectorisées aussi.

          Le document de brevet britannique N° 2 279 543 décrit un creuset de coulée à parois latérales non  
15 sectorisées pour élaborer des alliages métalliques, et non des matériaux isolants, comprenant également un inducteur disposé sous une sole sectorisée. L'inducteur est destiné à déterminer la température de coulée, cette coulée s'effectuant au centre de l'inducteur,  
20 mais n'est pas utilisé et n'est pas conçu pour fondre toute la quantité de métal se trouvant dans le creuset. Ce dernier est destiné à être utilisé avec une installation principale qui assure la fusion du métal. L'inducteur constitue donc un élément de chauffage  
25 d'appoint. Le chauffage principal peut être prévu par induction, auquel cas, soit on retrouve des parois latérales métalliques sectorisées, ou bien les parois sont réfractaires et présentent les problèmes d'incompatibilité susmentionnés.

30           Le brevet allemand DE-C-564 693 décrit un four à chauffage par l'intérieur, comprenant des manchons pénétrant dans le bain de fusion par le bas et

contenant des spires d'induction. Un tel four est de fabrication complexe, notamment s'il doit être réalisé à parois froides.

De l'état de la technique exposé ci-dessus, on  
5 peut déduire qu'un inducteur disposé sous la sole d'un creuset n'a jamais été envisagé comme seul moyen de chauffage.

### Résumé de l'invention

10

Un objet de la présente invention est de prévoir un four de fusion à creuset froid particulièrement bien adapté au verre, qui soit de constitution particulièrement simple et peu coûteuse  
15 tout en garantissant des performances comparables à celles de fours classiques.

Un autre objet de la présente invention est de prévoir un tel four qui, pour une capacité donnée, requiert des composants moins coûteux pour fournir la  
20 tension d'excitation de l'inducteur.

Un autre objet de la présente invention est de prévoir un tel four dont la capacité peut être augmentée en utilisant des composants existant dans le commerce pour fournir la tension d'excitation de  
25 l'inducteur.

Un autre objet de la présente invention est de prévoir un tel four qui présente une isolation thermique particulièrement bonne entre le bain de fusion et les parois du creuset.

30 Pour atteindre ces objets, la présente invention prévoit de ne chauffer le verre que par un inducteur disposé sous la sole. Aucun inducteur

n'agissant alors à travers la paroi latérale du creuset, cette paroi latérale peut être continue, c'est-à-dire non sectorisée au point de vue électrique, ce qui rend sa fabrication particulièrement simple.

5 Le diamètre moyen de l'inducteur est près de deux fois inférieur au diamètre d'un inducteur qui serait classiquement enroulé autour du creuset, ce qui réduit notablement son inductance et donc sa tension d'excitation. Les composants fournissant la tension  
10 d'excitation peuvent donc être moins coûteux pour un diamètre de creuset donné, ou bien on peut utiliser des composants existants pour réaliser un creuset de diamètre plus grand.

Le fait d'éloigner la périphérie de  
15 l'inducteur des parois latérales du creuset permet d'obtenir une épaisse couche de verre solidifié sur ces parois, ce qui diminue les pertes thermiques entre le bain de fusion et le creuset refroidi. Une telle isolation thermique ne peut être obtenue pour les  
20 métaux, qui sont bons conducteurs thermiques aussi bien à l'état liquide qu'à l'état solide.

Pour les métaux, les performances d'un tel four sont médiocres par rapport à ce que l'on obtient dans des fours classiques. Par contre, pour les verres,  
25 on parvient à optimiser les performances du four par un dimensionnement particulier.

La présente invention prévoit plus particulièrement un four de fusion de matériaux isolants, comprenant un creuset refroidi à paroi  
30 latérale métallique, une sole sectorisée et refroidie, et au moins un inducteur disposé sous la sole. Le seul

moyen de chauffage est ledit inducteur et la paroi latérale métallique du creuset est continue.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la hauteur du bain de fusion dans le creuset et la fréquence d'excitation de l'inducteur sont choisies de manière que ladite hauteur et le demi-rayon intérieur du creuset soient inférieurs à l'épaisseur de peau dans le bain résultant de la fréquence d'excitation de l'inducteur.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la périphérie de l'inducteur est en retrait par rapport à la paroi latérale du creuset.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la sole est constituée de tubes disposés côte à côte.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les tubes sont en matériau bon conducteur thermique et mauvais conducteur électrique.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le four comprend une base et un toit métalliques qui forment, avec le creuset auquel ils sont reliés, une cage de Faraday protégeant l'environnement extérieur du rayonnement produit par l'inducteur.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le four comprend plusieurs inducteurs répartis sous la sole et commandés indépendamment.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le four est de forme rectangulaire, les inducteurs étant répartis le long du grand axe du rectangle.

Listes des figures

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1, représente un mode de réalisation de four de fusion de verre selon la présente invention ;

la figure 2 représente une première variante de four de fusion selon la présente invention ; et

la figure 3 représente une deuxième variante de four de fusion selon la présente invention.

Description détaillée de plusieurs réalisations

A la figure 1, un mode de réalisation de four de fusion de verre selon l'invention comprend un creuset refroidi constitué d'une virole verticale 10 à double paroi métallique, placée sur une sole horizontale 12 transparente au champ électromagnétique. Cet ensemble est placé, par exemple, sur une base 14 en forme de cuve. Il peut être surmonté d'un toit 16 comportant différents orifices d'accès qui sont un orifice d'entrée de matériaux 18 et une cheminée d'évacuation de gaz de combustion 20. La sole 12 comporte, par exemple, un orifice central de sortie 22 obturé par une trappe escamotable 24. La base 14 comporte alors un orifice de sortie correspondant 26.



Le seul élément de chauffage par induction 28 est placé immédiatement sous la sole 12, à l'intérieur de la cuve 14. Cet élément de chauffage est, dans ce mode de réalisation, un inducteur à une ou plusieurs  
5 spires.

La virole verticale 10 et la sole 12 sont conçues, chacune, pour permettre la circulation d'un liquide de refroidissement, ce qui est indiqué par des conduites 30 représentées de façon schématique. La  
10 virole comporte une paroi interne et une paroi externe continues entre lesquelles circule le liquide de refroidissement. Pour homogénéiser le refroidissement, on pourra prévoir des chicanes entre les deux parois.

Une telle virole 10 est particulièrement  
15 simple et peu coûteuse à construire par rapport à une virole sectorisée, pour laquelle des secteurs de forme relativement complexe (trapézoïdale) devaient être fabriqués préalablement puis assemblés les uns aux autres de manière étanche et avec isolation électrique.

20 L'inducteur 28 génère un champ, indiqué par des lignes en trait mixte, qui traversent la sole 12.

Seule la sole 12 est sectorisée. Comme on le verra plus en détail ci-après, réaliser un partitionnement de la sole est beaucoup plus simple que  
25 de sectoriser les parois latérales d'un creuset.

Le diamètre extérieur de l'inducteur 28 est inférieur au diamètre interne de la virole 10 pour que le champ électromagnétique soit faible au niveau de la virole 10. Il en résulte une diminution de la  
30 température à proximité de la paroi de la virole et un épaississement de la couche de verre solidifié sur cette paroi. Le verre solide étant un bon isolant

thermique, on réduit notablement les pertes énergétiques. On remarquera que cet avantage ne peut être obtenu pour les métaux qui sont bons conducteurs thermiques quelle que soit leur phase.

5           Le diamètre moyen de l'inducteur est près de deux fois inférieur au diamètre d'un inducteur classique enroulé autour du creuset, ce qui réduit notablement son inductance et donc sa tension d'excitation pour transmettre une énergie donnée. Ceci  
10 est particulièrement avantageux, notamment dans le cas du verre, car la fréquence de la tension d'excitation est alors particulièrement élevée. Ainsi, pour un diamètre de four donné, on peut utiliser, dans le convertisseur fournissant la tension d'excitation de  
15 l'inducteur, des composants dont la tension de claquage est plus faible que dans le cas d'un four classique. Par ailleurs, avec des composants existants, le diamètre du four pourra être plus grand que celui d'un four classique.

20           On remarquera que pour les métaux l'augmentation du diamètre du four ne pose pas de problème particulier de choix de composants, car la fréquence d'excitation de l'inducteur est beaucoup plus faible que pour le verre.

25           Dans un four à induction pour un matériau quelconque, on cherche à obtenir un bon rendement thermique. En raison de l'effet de peau, l'énergie induite est maximale dans le bain de fusion à proximité de l'inducteur et décroît rapidement. Elle devient  
30 faible au-delà d'une distance appelée épaisseur de peau qui, pour un matériau donné, ne dépend que de la

fréquence d'excitation. L'épaisseur de peau diminue lorsque la fréquence augmente.

Ainsi, l'énergie concentrée par effet de peau doit être transmise au reste du bain par conduction et convection. On a donc intérêt à augmenter l'épaisseur de peau pour favoriser l'homogénéité thermique du bain. Par contre, le rendement électrique diminue lorsque l'épaisseur de peau augmente. Ainsi, on cherche à trouver un compromis entre l'homogénéité du chauffage et le rendement électrique.

Les bains de métal sont généralement fluides et ont une bonne conductivité thermique, ce qui favorise l'homogénéisation par conduction et convection. Dans un four classique à inducteur enroulé autour du creuset, on obtient un bon compromis lorsque l'épaisseur de peau est inférieure au quart du rayon intérieur du creuset de fusion pour favoriser le rendement électrique.

Les bains de verre sont généralement visqueux et ont une mauvaise conductivité thermique, ce qui rend difficile l'homogénéisation. On doit choisir une épaisseur de peau relativement importante. Dans un four classique, un bon compromis est obtenu lorsque l'épaisseur de peau est proche du rayon intérieur du creuset. La perte de rendement électrique provenant du choix d'une épaisseur de peau importante est compensée, par rapport au rendement électrique obtenu pour les bains de métal, par le fait que le verre fondu présente une résistivité beaucoup plus importante qu'un métal. En effet, le rendement électrique croît avec la résistivité du bain de fusion.

Lorsque l'on utilise un inducteur placé sous la sole, comme à la figure 1, l'effet de peau ne se produit en fait pas à partir de la paroi de la virole 10, mais à partir de la sole 12. Pour conserver les  
5 compromis susmentionnés, il s'avère que la fréquence d'excitation de l'inducteur 28 peut être choisie de manière que l'épaisseur de peau soit égale à la moitié de celle choisie lorsque l'inducteur est enroulé autour du creuset. Donc, pour les métaux, l'épaisseur de peau  
10 serait choisie égale au huitième du rayon intérieur du creuset, tandis que pour les verres, elle serait choisie égale au demi-rayon.

Ainsi, le fait de placer l'inducteur 28 sous le bain de fusion permet de diminuer de moitié  
15 l'épaisseur de peau tout en conservant l'homogénéité thermique souhaitée. La diminution de l'épaisseur de peau tend à augmenter le rendement électrique.

Toutefois, on s'aperçoit que le rendement thermique est inférieur à celui d'un four classique à  
20 inducteur enroulé autour du creuset si on ne prend pas de précautions particulières. Les inventeurs se sont aperçus que le rendement variait en fonction de la hauteur du bain de fusion et que le rendement optimal était obtenu pour une hauteur du bain inférieure ou  
25 égale à l'épaisseur de peau.

Si on veut conserver les compromis habituels, pour les métaux, il faudrait donc choisir une hauteur de bain inférieure au huitième du rayon intérieur du creuset. Ceci conduirait à des proportions de four  
30 déraisonnables. Les fours à seul chauffage par le bas ne conviennent donc pas aux métaux.

Par contre, pour le verre, et selon la présente invention, la hauteur du bain est inférieure à la moitié du rayon, ce qui conduit à des proportions de four raisonnables. A titre indicatif, la figure 1  
5 respecte sensiblement les proportions permettant d'obtenir le rendement thermique optimal dans un four de fusion de verre.

Un four selon l'invention présente moins de pertes thermiques qu'un four à verre classique de même  
10 capacité. En effet, la couche de verre solidifié sur les parois latérales est beaucoup plus épaisse que dans un four classique, car il n'y a pas de source de chauffage près des parois latérales. Des pertes relativement importantes subsistent au niveau de la  
15 sole, mais elles sont inévitables car, dans un four selon l'invention comme dans un four classique, le fond du bain doit être chaud pour permettre la coulée du verre fondu dans de bonnes conditions.

Selon un mode de réalisation avantageux, la  
20 sole 12, afin de la rendre transparente au champ magnétique, est constituée de tubes disposés horizontalement les uns à côté des autres et isolés les uns des autres. Comme cela est représenté, les tubes sont de préférence de section carrée, ce qui permet de  
25 réaliser un fond de creuset plat.

Un problème que l'on rencontre pour réaliser des parois verticales sectorisées de creuset est de fixer les secteurs les uns aux autres tout en assurant l'étanchéité et l'isolation électrique entre secteurs.  
30 Dans le cas de la sole 12, ce problème est facilement résolu, par exemple, en noyant partiellement les tubes 12 dans du béton, les tubes ayant été légèrement

séparés pour permettre au béton d'assurer l'isolation entre les tubes. L'inducteur 28 pourra également être noyé dans le béton dans la même opération.

Les tubes pourront avantageusement être en un  
5 matériau fortement conducteur thermique et faiblement  
conducteur électrique, tel que le carbure de silicium.  
Si on utilise un tel matériau, il n'est en principe pas  
nécessaire de partitionner la sole, celle-ci pouvant  
alors être constituée de deux plaques entre lesquelles  
10 circule le liquide de refroidissement. Toutefois, ces  
matériaux ne se brasent ou ne se soudent pas, ce qui  
rend difficile de réaliser des assemblages étanches,  
notamment des assemblages d'angle. Par contre, il est  
toujours facile de prévoir un assemblage étanche à  
15 l'extrémité d'un tube. De tels assemblages d'extrémité  
serviront à relier en "S" les tubes constituant la sole  
12 afin d'y créer la circulation de liquide de  
refroidissement.

De préférence, le toit 16 et la cuve 14 sont  
20 en un matériau conducteur électrique, ce qui constitue  
une cage de Faraday protégeant l'environnement  
extérieur du rayonnement magnétique produit par  
l'inducteur 28.

Aucun inducteur n'étant enroulé autour d'un  
25 creuset selon l'invention, la forme des creusets peut  
être quelconque. Elle est de préférence cylindrique  
pour l'emploi d'un seul inducteur, ce qui simplifie sa  
fabrication. Mais sa forme peut être adaptée à une  
disposition particulière de plusieurs inducteurs dans  
30 le but d'accroître la capacité du four ou d'assurer un  
traitement particulier. Dans ce cas, pour le choix de  
la hauteur de bain et de la fréquence d'excitation, on

considère le rayon correspondant à la circonférence moyenne de la zone couverte par chaque inducteur.

La figure 2 illustre un premier exemple de four à plusieurs inducteurs selon la présente invention. Le creuset 32 du four a une section formée d'une association de trois cylindres dont chacun comporte en son fond un inducteur en spirale 34 alimenté par deux conducteurs 36. On peut concevoir ainsi un four de grande capacité, ou bien à plusieurs zones dont les températures sont contrôlées de façon indépendante, ce qui permet, par exemple, d'obtenir des températures d'élaboration et de coulée différentes.

Dans le cas de la fusion du verre, un tel four facilite les opérations d'affinage.

La figure 3 illustre un deuxième exemple de four selon l'invention plus particulièrement adapté à l'affinage du verre. Le four est de forme rectangulaire et les inducteurs 34, commandés de façon indépendante, sont disposés le long du grand axe du rectangle. L'un des inducteurs extrêmes, celui au niveau duquel on versera le verre à fondre, sera excité pour fournir l'énergie la plus élevée, tandis que les autres inducteurs seront excités pour fournir des énergies décroissantes, le verre affiné étant prélevé au niveau de l'inducteur le moins excité.

Cette configuration de four se rapproche idéalement de celle des fours de verrier classiques chauffés à la flamme.

Dans les fours à inducteurs multiples susmentionnés, les inducteurs doivent être suffisamment rapprochés pour assurer une action homogène, mais

suffisamment écartés pour ne pas interagir les uns sur les autres.

De nombreuses variantes et modifications de la présente invention apparaîtront à l'homme du métier.

5 Bien que les applications décrites concernent le verre, il est clair qu'un four selon l'invention s'applique à tout matériau de faible conductivité électrique et thermique à l'état liquide.



REVENDEICATIONS

1. Four de fusion de matériaux isolants, comprenant un creuset refroidi (10, 32) à paroi latérale métallique, une sole (12) sectorisée et refroidie, et au moins un inducteur (28, 34) disposé sous la sole ; caractérisé en ce que le seul moyen de chauffage est ledit au moins un inducteur et en ce que la paroi latérale métallique du creuset est continue.

2. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé en ce que la hauteur du bain de fusion dans le creuset (10, 32) et la fréquence d'excitation de l'inducteur (28, 34) sont choisies de manière que ladite hauteur et le demi-rayon intérieur du creuset soient inférieurs à l'épaisseur de peau dans le bain résultant de la fréquence d'excitation de l'inducteur (28, 34).

3. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé en ce que la périphérie de l'inducteur (28, 34) est en retrait par rapport à la paroi latérale du creuset (10, 32).

4. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé en ce que la sole (12) est constituée de tubes disposés côte à côte.

5. Four de fusion selon la revendication 4, caractérisé en ce que les tubes sont en matériau bon conducteur thermique et mauvais conducteur électrique.

6. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une base (14) et un toit (16) métalliques qui forment, avec le creuset (10, 32) auquel ils sont reliés, une cage de Faraday

protégeant l'environnement extérieur du rayonnement produit par l'inducteur (28, 34).

7. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs inducteurs  
5 (34) répartis sous la sole et commandés indépendamment.

8. Four de fusion selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il est de forme rectangulaire, les inducteurs (34) étant répartis le long du grand axe du rectangle.

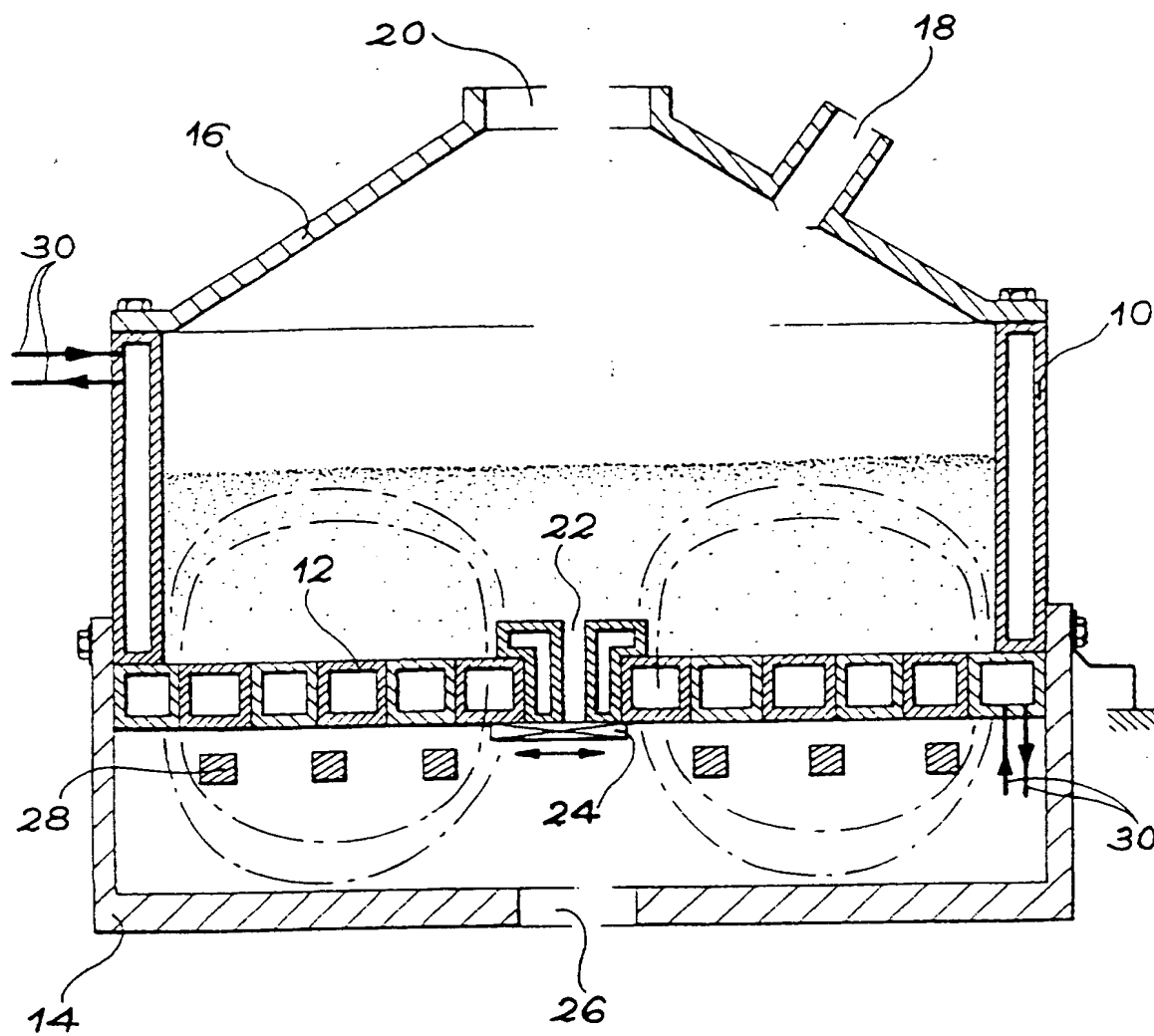


FIG. 1

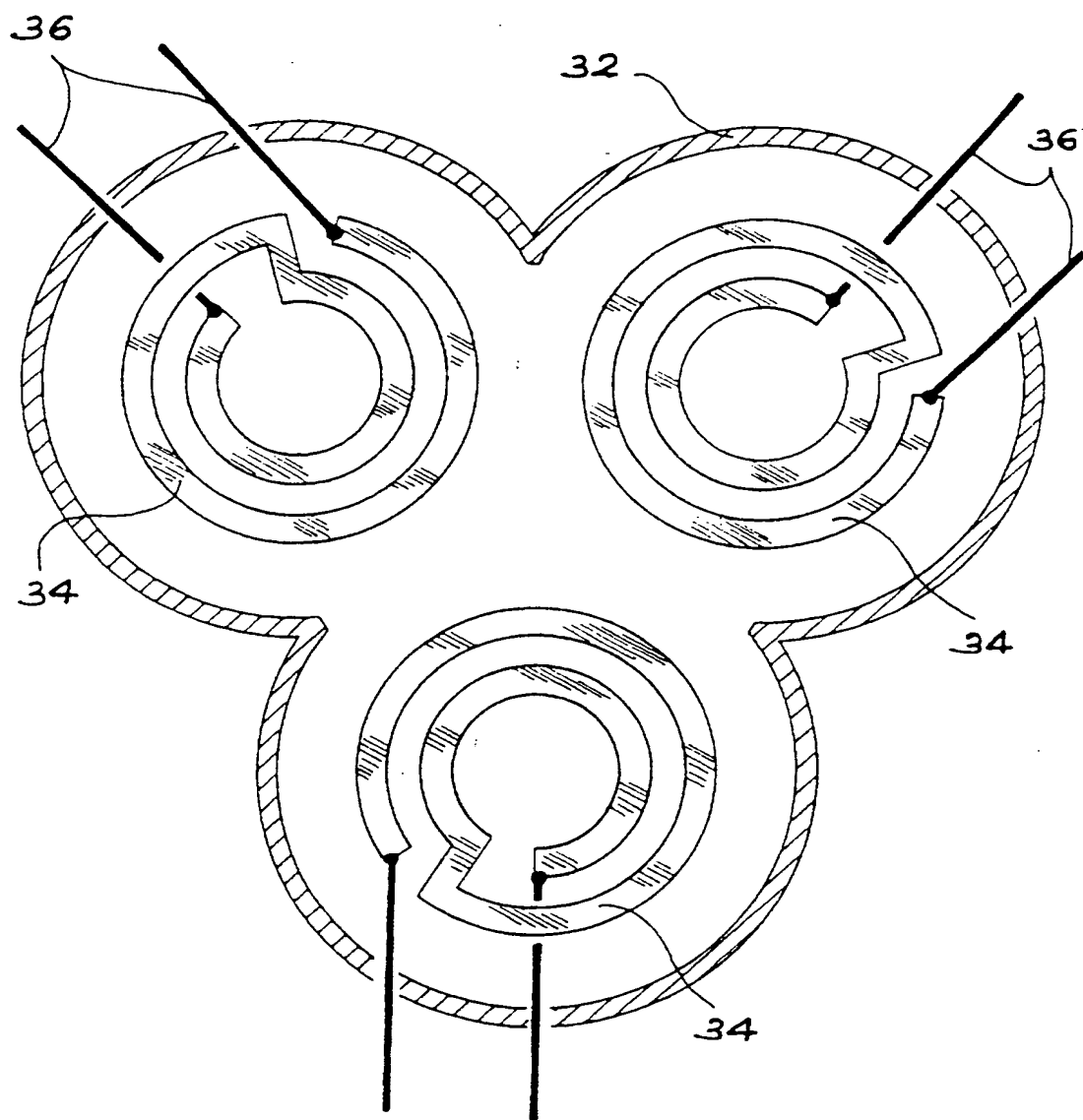


FIG. 2

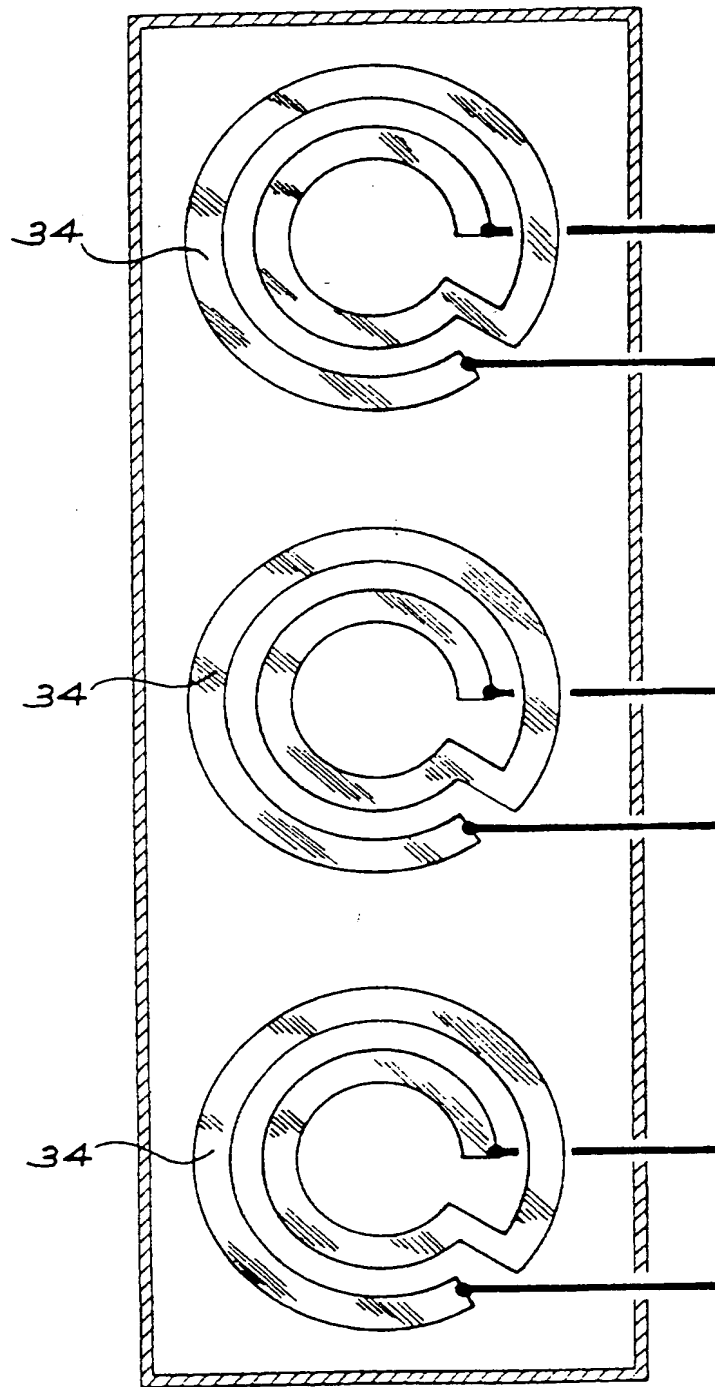


FIG. 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 97/01387

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC 6 H05B6/36 F27B14/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC:

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H05B F27B F27D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 279 543 A (LEYBOLD DURFERRIT GMBH) 4 January 1995 ---	
A	DE 33 16 546 C (PHILIPS PATENTVERWALTUNG) 26 April 1984 ---	
A	WO 92 15531 A (CEA) 17 September 1992 & EP 0 528 025 A (CEA) cited in the application ---	
A	DE 608 476 C (DR.W.MÜLLER) 3 January 1935 ---	
A	DE 564 693 C (R.DUFOUR) 3 November 1932 ---	
A	US 1 645 526 A (F.GERTH) 18 October 1927 ---	
A	DE 938 263 C (E.MRONGOVIUS) 26 January 1956 ---	
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

**\* Special categories of cited documents**

- A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- E\* earlier document but published on or after the international filing date
- L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- I\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- &\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 September 1997

Date of mailing of the international search report

3 0.09.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 cpo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Coulomb, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 97/01387

C (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 672 026 A (V.STOBIE) 21 December 1929 -----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Initial Application No.

PCT/FR 97/01387

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2279543 A	04-01-95	DE 4320766 A	05-01-95
		FR 2706992 A	30-12-94
		JP 7055348 A	03-03-95
		US 5479438 A	26-12-95
DE 3316546 C	26-04-84	CA 1231628 A	19-01-88
		EP 0128600 A	19-12-84
		JP 59208383 A	26-11-84
		SU 1384209 A	23-03-88
		US 4687646 A	18-08-87
WO 9215531 A	17-09-92	DE 69211446 D	18-07-96
		DE 69211446 T	02-01-97
		EP 0528025 A	24-02-93
		JP 6500529 T	20-01-94
		US 5367532 A	22-11-94
DE 608476 C		NONE	
DE 564693 C		NONE	
US 1645526 A	18-10-27	NONE	
DE 938263 C		NONE	
FR 672026 A	24-12-29	NONE	



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Internationale No  
PCT/FR 97/01387

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 6 H05B6/36 F27B14/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 H05B F27B F27D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	GB 2 279 543 A (LEYBOLD DURFERRIT GMBH) 4 janvier 1995	
A	DE 33 16 546 C (PHILIPS PATENTVERWALTUNG) 26 avril 1984	
A	WO 92 15531 A (CEA) 17 septembre 1992 & EP 0 528 025 A (CEA) cité dans la demande	
A	DE 608 476 C (DR.W.MÜLLER) 3 janvier 1935	
A	DE 564 693 C (R.DUFOUR) 3 novembre 1932	
A	US 1 645 526 A (F.GERTH) 18 octobre 1927	
A	DE 938 263 C (E.MRONGOVIUS) 26 janvier 1956	
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*I\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (celle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

19 septembre 1997

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

30.09.97

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tél. (+31-70) 340-2040, Tlx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Coulomb, J

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den : Internationale No

PCT/FR 97/01387

C. (suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 672 026 A (V.STOBIE) 21 décembre 1929 -----	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

z Internationale No

PCT/FR 97/01387

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2279543 A	04-01-95	DE 4320766 A FR 2706992 A JP 7055348 A US 5479438 A	05-01-95 30-12-94 03-03-95 26-12-95
DE 3316546 C	26-04-84	CA 1231628 A EP 0128600 A JP 59208383 A SU 1384209 A US 4687646 A	19-01-88 19-12-84 26-11-84 23-03-88 18-08-87
WO 9215531 A	17-09-92	DE 69211446 D DE 69211446 T EP 0528025 A JP 6500529 T US 5367532 A	18-07-96 02-01-97 24-02-93 20-01-94 22-11-94
DE 608476 C		AUCUN	
DE 564693 C		AUCUN	
US 1645526 A	18-10-27	AUCUN	
DE 938263 C		AUCUN	
FR 672026 A	24-12-29	AUCUN	



6

6